

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-43057

(43)公開日 平成9年(1997)2月14日

(51)Int.Cl.⁶

G 0 1 J 3/26

識別記号

庁内整理番号

F I

G 0 1 J 3/26

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数15 O L (全 12 頁)

(21)出願番号 特願平7-190535

(22)出願日 平成7年(1995)7月26日

(71)出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号

(72)発明者 白▼崎▲ 正孝

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地
富士通株式会社内

(74)代理人 弁理士 大曾 義之 (外1名)

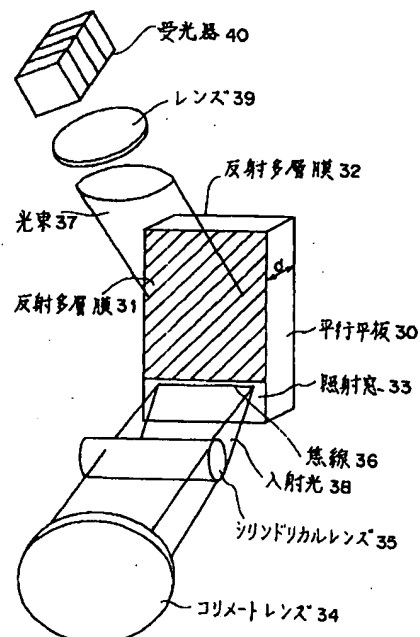
(54)【発明の名称】 波長分波器

(57)【要約】

【目的】 複数の光を一度に分離できるとともに、分散角が比較的大きく、簡単な構成で、かつ耐環境性のよい分波器を提供する。

【構成】 ガラス等でできた平行平板30の一方の面には反射率がほぼ100%の反射多層膜32を設け、他方の面には反射率が100%より小さい反射多層膜31を設ける。反射多層膜31の設けられている面には反射率がほぼ0%の照射窓33が設けられ、入射光38が入射される。入射光38は、コリメートレンズ34によって平行光にされた光をシリンドリカルレンズ35によって、照射窓33上の焦線36に集光され、平行平板30内で拡がりながら、多重反射を繰り返す。反射多層膜32からは1回反射する毎に光の一部が外部に放出され干渉を起こし、光束37を形成する。光束37は光の波長毎に異なる角度で放出され、レンズ39で集光されたあと、波長毎に受光器40によって検出される。

本発明の一実施例を示す斜視図



【特許請求の範囲】

【請求項1】 相対する第1および第2の互いに平行な反射面を持ち、該第1及び第2の反射面のいずれか一方の面上もしくはその近傍に面に平行に設定される線分からその線分に垂直方向に放射状に広がる光線を、前記第1、第2の反射面間に入射させ、多重反射の毎に第1及び第2のいずれか一方の反射面を透過して光を出力し、それらの干渉の結果、進行方向が光の波長により異なる光束を形成することを特徴とする波長分波器。

【請求項2】 前記第1および第2の反射面が、透明体よりなる平行平板の相対する2つの面に形成されることを特徴とする請求項1記載の波長分波器。

【請求項3】 前記平行平板を形成する前記透明体はガラスでできていることを特徴とする請求項2記載の波長分波器。

【請求項4】 前記光束を集光するレンズと、該光束の集光位置に集光された光束を受ける受光素子または光伝搬路とを更に備えたことを特徴とする請求項1～3のいずれか1つに記載の波長分波器。

【請求項5】 前記放射状に広がる光線は、光導波路内に伝搬する光線から形成されることを特徴とする請求項1～4のいずれか1つに記載の波長分波器。

【請求項6】 前記放射状に広がる光線は、3次元空間内の平行光線から1方向のみにレンズ機能を有する素子によって作られる請求項1～5のいずれか1つに記載の波長分波器。

【請求項7】 前記1方向のみにレンズ機能を有する素子は、シリンダカルレンズであることを特徴とする請求項6記載の波長分波器。

【請求項8】 前記第1及び第2の反射面のうち、一方の反射率が実質的に100%であり、他方の反射率が100%よりも低く80%よりも高いことを特徴とする請求項1～7のいずれか1つに記載の波長分波器。

【請求項9】 前記第1及び第2の反射面のうち、反射率が実質的に100%の反射面上の一部に、反射が無視できるほどに反射率が低い部分を設け、その部分より光を入射させるとともに、該光が2つの反射面間を1往復した際に該反射率の低い部分から光が漏れ出さないように、該光の光軸を前記反射面に対して垂直から傾けたことを特徴とする請求項8記載の波長分波器。

【請求項10】 前記第1及び第2の反射面のうち、反射率が100%より低く80%より高い反射面の上の一部に、反射が無視できる程度に反射率が低い部分を設け、その部分より光を入射させるとともに、該光が2つの反射面間を1往復した際に該反射率の低い部分から光が漏れ出さないように、該光の光軸を前記反射面に対して垂直入射から傾けたことを特徴とする請求項8記載の波長分波器。

【請求項11】 光を線分上に集光させ、該線分が第1及び第2のいずれか一方の反射面の一部に設けられた反

射率の低い部分の上にくるように構成したことにより、前記第1及び第2の反射面間に光を入射させることを特徴とする請求項9または10記載の波長分波器。

【請求項12】 異なる波長の光を異なる進行方向を有する光束に分離する波長分波器の製造方法において、少なくとも互いに平行な2つの面を有する平行平板の該互いに平行なそれぞれの面にそれぞれ反射膜を形成し、前記反射膜のいずれか一方の反射膜の一部に反射率の低い部分を形成し、

少なくとも前記反射率の低い部分が形成された面の上に透明体を形成することを特徴とする波長分波器の製造方法。

【請求項13】 前記反射率の低い部分は、前記反射膜の一部を機械的に削り取ることににより形成されることを特徴とする請求項12記載の波長分波器の製造方法。

【請求項14】 前記反射率の低い部分は、前記反射膜の一部をエッチングにより取り除くことににより形成されることを特徴とする請求項12記載の波長分波器の製造方法。

【請求項15】 前記反射率の低い部分は、マスキングにより予めこの部分に反射膜を形成しないようにすることにより形成されることを特徴とする請求項12記載の波長分波器の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、複数の異なる波長を有する光を分波する波長分波器に係り、特に、光ファイバを介して波長の異なる搬送波にのせられて伝送されてくる信号を各搬送波毎の信号に分波する構成に関する。更には、そのような波長分波器の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、光通信によって高速かつ大量のデータ通信を行うシステムの研究開発が盛んである。特に、一度に大量のデータを送るために、1本の光ファイバ内を異なる波長を有する搬送波にのせて光信号を送る波長多重の光伝送方式が開発されている。

【0003】このように、1本の光ファイバで複数の異なる波長を持つ搬送波にのせられた光信号が送られてきた場合、受信側では、これらの異なる波長の光信号をそれぞれの波長に分波して検出しなくてはならない。

【0004】従って、受信側での波長分波の精度によって、光信号の受信特性が大きく左右されることになる。受信側での波長分波精度が悪いと、送信側で多くの信号を異なる波長の搬送波にのせて送信したとしても、これらの信号を受信することができないということになるので、精度の良い波長分波器が望まれるところである。

【0005】従来知られている波長分波方法にはさまざまな種類のものがある。例えば、2つの波長を分離する方法としては、多層の干渉膜によるフィルタおよびファブリ・ペロ型やマイケルソン型などの干渉計が知られて

いる。

【0006】図8は、上記2つの波長を分離する方法を適用した装置の概略図である。図8(a)は、多層干渉膜によるフィルタの例である。多層干渉膜81は透明基板80上に形成されており、レンズ等により平行光線となった入射光82が入射される。多層干渉膜81に入射した入射光82は、多層干渉膜81の内部で反射をくりかえす。このとき、多層干渉膜81を透過する条件を満たす波長 λ_2 の光84だけが多層干渉膜81を透過することができる。透過する条件を満たさない波長 λ_1 の光83は多層干渉膜81を透過することができないので反射される。このように、多層干渉膜フィルタを用いることにより2つの異なる波長の光を分離することができる。

【0007】図8(b)は、ファブリ・ペロ型干渉計の概略図である。ファブリ・ペロ型干渉計は、高い反射率を有する反射板85と86を所定の間隔において平行に設置したものである。この場合も多層干渉膜フィルタの場合と同様に、平行光線に変換された入射光82が反射板85の裏面から入射し、反射板85と86の間で多数回反射する。そして、透過条件を満たす波長 λ_2 の光84はファブリ・ペロ型干渉計を透過し、条件を満たさない波長 λ_1 の光83は反射されて、2つの異なる波長の光の分離が行われる。

【0008】図8(c)は、マイケルソン型干渉計の概略図である。中央にはハーフミラー89が据えられ、平行光線である入射光82が直交する2方向へ分離される構成となっている。分離された光の進む方向には、それぞれ反射ミラー87、88が設けられ、それぞれに向かって進んできた光を直角に反射する。ハーフミラー89から反射ミラー87、88への距離は適当な光路差を生じるように異なっている。反射ミラー87、88で反射されたそれぞれの光は共にハーフミラー89の同じ場所に帰ってきて干渉を起こし、異なる波長 λ_1 、 λ_2 の光83、84は分離される。

【0009】一方、複数の波長を同時に分離する方法としては、実用的には回折格子およびその変形として光導波路を使ったアレイ導波路格子がある。図9は、複数の波長を同時に分離する方法を採用した分波器の概略図である。

【0010】図9(a)は回折格子の概略図である。回折格子は、良く知られているように分光器として用いられるものであり、複数の波長の光を含んだ平行光線の入射光90を照射すると、表面の凹凸によって反射される。それぞれの凹凸で反射された入射光90は互いに干渉しあい、異なる波長の光は異なる角度で出射される。

【0011】図9(b)は光導波路を使ったアレイ導波路格子の概略構成図である。入射口93から複数の波長の光を含んだ光が入射され、多数の導波路94に分岐せられる。それぞれの導波路94の先端には光の出射口

91が設けられ、入射光が出射光92として出射される。各導波路94は長さ等が一本ずつ異なっており、導波路94を伝搬して出射口91から光が出るまでに光が伝搬する光路長がそれぞれ異なるように構成されている。このような導波路94を通過した光は、互いに位相が異なるので、出射口91から出るときに互いに干渉しあう。これにより、回折格子と同様な作用で異なる波長の光を異なる方向へと出射させる。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】ところで、2つの異なる波長を分離するのみの分波器では、多数の異なる波長の光が多重された光多重通信において光信号の受信に使用すると、それぞれの光を分波するのに分波器を何段にも連結して用いる必要があり、受信器の大型化がまねがれない。

【0013】一方、回折格子等においては波長の異なる光を波長に応じた方向に偏向して分波するものであるが、一般に、回折格子は互いに異なる光を偏向する角度の差が、すなわち分散角が小さい。光多重通信において、できるだけ多くの情報を一度に送信しようとする、異なる信号波の波長の差は小さくならざるを得ない。分散角が小さい回折格子を受信器の分波器として使用している場合は、このような信号波を誤受信する可能性が大きい。従って、受信器の信頼性を著しく損ねることになる。また、回折格子は、入射する光の偏光状態に影響を受けやすく、特性が不安定になる傾向がある。更に、回折格子はその表面の細かな凹凸を規則正しく、製造しなければならず性能の良い回折格子を得るための製造工程が難しくなるという面も有している。

【0014】また、アレイ導波路格子は導波路の構成の仕方によって分散角をある程度調整可能であるが、所望の構成を得るための構成の調整が非常に微妙であり、温度変化などによる影響を受けやすく、耐環境性が悪いという欠点がある。

【0015】したがって、本発明は、複数の光を一度に分離できるとともに、分散角が比較的大きく、簡単な構成で、かつ耐環境性のよい分波器を提供することを目的とする。特に、1つの光伝搬路内を伝搬する光波長がことなる複数の光を、波長毎に分離し、それぞれの空間的に異なる位置にある光伝搬路または受光素子で受け、波長多重の光伝送を可能とすることができる波長分波器を提供する。

【0016】

【課題を解決するための手段及び作用】図1は、本発明の原理を説明する図であり、本発明の分波器を横方向から見た断面図である。

【0017】本発明においては、間隔dをあけて2つの反射面12、13を平行に配置する。反射面12、13の反射率は適度に定められるべきものである。しかし、ここでは、説明の便宜のために、反射面12、13のい

ずれか一方の反射率がほぼ100%であり、他方は数%の透過率を有する、あるいは反射率が100%より小さく反射面12から光の一部を透過させるように構成されているものとする。

【0018】ただし、反射面12、13のうち、どちらを反射率がほぼ100%を有するように構成するかは任意であり、例えば、反射面13が数%の透過率、あるいは100%より小さく反射面12から光の一部を透過させるような反射率を有し、反射面12がほぼ100%の反射率を有するように構成してもよい。

【0019】図1においては、反射面13がほぼ100%の反射率を有し、反射面12が100%より小さい反射率を有して光の一部を透過させるように構成されていることとして説明する。

【0020】反射面12の一部には光をほとんど、あるいは全く反射しない照射窓11を設けるようにして、ここから光を入射するようにしてもよい。この照射窓11は、必ずしも必要ではないが、光の損失を考えると設けることが望ましい。

【0021】入射光10は、シリンドリカル・レンズ等を用いて1線分上に集束されるようになっている。このようにシリンドリカルレンズ等によって光が集光させられる線分のことを、以下焦線と呼ぶ。同図にiで示される点は入射光10の焦線を横から見たものである。

【0022】なお、同図の場合、焦線iは照射窓11が設けられている面内に存在することを仮定して記載してあるが、実際には焦線は必ずしも照射窓11が設けられている面内に存在する必要はない。ただし、このように焦線の位置がずれることにより、本発明の波長分波器の分波特性に若干の変化を生じる可能性がある。

【0023】焦線iに収束された入射光10は、その後、焦線iを軸として放射状に次第に拡がっていき反射面13に達する。反射面13では入射光10は①で示される点（正確には線）の間の幅にまで光が拡がっている。そして、反射面13によって反射され反射面12に向かう。反射面12は光を一部透過する性質を有しているので①から反射されてきた光は一部が①'として外部に放出される。

【0024】一方、透過しなかった光は反射面12で反射され反射面13の②で示される範囲に到達する。同図より明らかなように入射光10は焦線iを軸として放射状に次第に拡がっていく光線なので、反射面13と反射面12の間で反射を繰り返しながら次第に光線の幅を拡げていく。これは、①の間の間隔よりも②の間の間隔の方がより拡がっていることによって示されている。

【0025】同様に、②から反射された光は反射面12で反射されると共に、一部が②'として外部に放出される。以下同様に、②で反射された光の内、反射面12で反射された光は2つの③で示される範囲で、③で反射された光の内、反射面12で反射された光は2つの④で示

される反射面13上の範囲で反射される。

【0026】それぞれ③及び④で示される範囲で反射された光は反射面12で反射されるとともに、一部が③'、④'として外部に放出される。このように、反射面13と反射面12との間では何回も反射が行われ（多重反射）、反射されるごとに反射面12から一部の光が外部へ放出される。外部に放出された光①'～④'等は互いに干渉しあい、光束を形成するようになる。異なる波長の光からなる光束は、異なる進行方向を有し、反射面12から異なる角度で放射される。

【0027】図2は、本発明の多重反射の原理を同等なモデルに置き換えたものである。焦線iから放出された光は反射面13で反射されるが、反射面13は鏡と同じであり、反射面12、13がなかったとしたときに、焦線i0から光が放出された作用と同等である。また、1回多重反射を行った光（反射面12で反射され、再び反射面13で反射されて外部に放出された光）は、焦線i0から反射面12、13の間隔dの2倍だけ離れた焦線から放出された光と同等である。同様に、2回多重反射した光は焦線i2から、3回多重反射した光は焦線i3から、4回多重反射した光は焦線i4からそれぞれ放出された光と同等である。

【0028】ここで、実際には焦線iから放出され反射を繰り返して外部に放出される光は、反射を繰り返す毎に強度が弱くなっていくので、それぞれの焦線から放出される光は、焦線i1から焦線i4にいくに従って、次第に光の強度が弱くなっていくようになっている。

【0029】また、焦線i0～i4のそれぞれの間隔は常に反射面12、13の間隔dの2倍に等しい。同図から明らかなように、それぞれの焦線から放出される光は互いに重なり合っており、互いに干渉しあう。ここで、焦線iから放出される光が複数の波長の光を含んでいたとする。焦線iから放出される光はある角度で放射状に拡がる光であるので多くのフーリエ成分、すなわち波長が同じ光に関して多くの異なる進行方向を持った光を含むことになる。光が強め合う条件式は、波長を λ 、反射面12、13間の間隔をd、反射面12、13に垂直な方向を 0° としたときの光の進行方向の角度を θ とすると、

$$2d \times \cos \theta = m\lambda \quad \dots \dots (1)$$

と表せる。ここで、mは任意の整数である。したがって、dと λ が一定であるとする、mがある特定の値をとることによって、波長 λ の光が出射する方向 θ が決定されることになる。

【0030】反射面12、13間に入射する光が複数の波長を含む平行光線であったばあいには、全ての波長の光が同一の方向を目指して進んでいくので（ θ が決定されているので）、式（1）を満たす波長の光は多くとも1つに限られてしまう。したがって、この場合は2つの波長を分離することができるだけである（これはファブ

リ・ペロ型干渉計等に対応する)。

【0031】一方、本発明の場合は、焦線iから放出される光がある角度をもって放射状に拡がる光であるためにそれぞれの波長の光が異なる進行方向を持つ光の重ね合わせとなっているので、式(1)において、λが異なる光は式(1)を満たす進行方向θを持つ成分だけが抽出されて光束を形成するように作用する。したがって、複数の異なる波長の光を含む光を波長毎に異なる方向へと放出し、一度に複数の光の分波を行うことができる。

【0032】

【実施例】図3は、本発明の一実施例の斜視図である。同図においては、例えば厚さ100μmのガラスの平行平板30の両面に、反射率の高い多層の干渉膜である反射多層膜31、32を施してある。ここで、平行平板30の厚さdとしては、50～100μm程度が実用的に好ましい。

【0033】反射多層膜31、32の垂直入射およびそれに近い入射角度、例えば20度以下の光に対する反射率は、一方の面に対してはほぼ100%、他方の面に対して95%程度とする。しかし、他方の面の反射率は特に95%でなくてはならないわけではなく、入射した光が反射多層膜31、32の間で十分な多重反射を行うことができればよく、実用上は80%以上で100%よりも小さい値であれば特に問題はない。従って、便宜上、他方の面の反射率は95%として説明する。

【0034】また、反射多層膜31と32のどちらをほぼ100%の反射率を有する膜とするかは全くの任意であるが、図3においては、反射多層膜32の方をほぼ100%の反射率を有する構成としている。

【0035】反射率が95%の干渉膜を施した反射多層膜31の一部に、この干渉膜の代わりに反射率はほぼ0%の干渉膜(あるいは反射防止膜)を施した領域を設け、入射光の照射窓33とし、反射多層膜31と照射窓33の境界を直線となるように構成する。

【0036】入射光は、例えば、不図示の光ファイバから出て、コリメートレンズ34で平行光線に変換されたのち、シリンダリカルレンズ35によって1つの線分の上に集光される。このように光が集光される線分のこと*

$$\text{光軸の傾き } \theta_1 \geq n(a+b)/4d \quad \dots\dots (2)$$

ここで、nは平行平板30の屈折率である。図3に戻って本発明の実施例についての説明をする。

【0042】平行平板30の中に入った光は多重反射を繰り返すが、その際、反射率95%の反射多層膜31の面で反射する毎に5%の光がこの面を透過して外へ出る。平行平板30中から外へ出た各透過光は相互に干渉し、1本の光束37を作るが、その光束37の進行方向は光の波長に依存する。その結果、光束37をレンズで1点に集光すると、その集光位置は波長変化に伴って直線上を移動する。この直線上に複数の受光器40を配列すれば、波長毎に異なる受光器40で受けることができ※50

*を焦線36と呼ぶことにする。光を1点に集光しないのは、反射多層膜31と照射窓33の境界に平行な方向には多重反射による干渉が生じないからである。

【0037】この集光された光は入射光38として反射率がほぼ0%の上記照射窓33の部分を通して反射多層膜31、32間に入る。この際、焦線36は、上記反射多層膜31と照射窓33の境界に平行でしかも十分に近くなるように設定する。また、この入射光38の光軸は垂直入射から傾け、反射多層膜31、32間を1往復して拡がった光が照射窓33から漏れ出ないようにする。

【0038】この時の入射光軸の傾き角は、光が平行平板30の中をその厚さの2倍の距離進んだ位置における光線の太さと入射光38の集光位置(すなわち、焦線36)における光線の太さの平均値と、ガラス平板の厚さdの2倍との比に、ガラスの屈折率を乗じたものより大きくなるようにする。

【0039】図4(a)を用いて上記入射光軸の傾きについて説明する。光が平行平板30の中をその厚さの2倍の距離進んだ位置における光線の太さとは、図4

(a)においては、bで現される光線の幅である。入射光38の集光位置即ち焦線36での光線の太さとは図4(a)でaと示されている。このaは、例えば入射光38がシリンダリカルレンズによって集光されたものである場合、光の回折限界程度の大きさである。そしてこれらの平均値とは、同図のcで現される長さが0のときの光軸41が反射多層膜31が設けられている面と交わる点a₁、b₁の間の距離を現す。このcが0の時に、入射光38が反射多層膜32から反射して戻ってきたとき照射窓33から漏れ出さない最小の条件である。

【0040】ところで、光軸の傾きθ₁は点a₁、b₁の間の距離を平行平板30の厚さdを2倍した値で割った値から得られ、特に、θ₁が小さいときにはこの値にほぼ等しいことが知られている。従って、入射光38が反射多層膜32で反射されて戻ってきたときに照射窓33から漏れ出さないための光軸41の傾きの条件は、屈折率の異なる媒体に光が入射すると屈折することを考慮して、以下の式のように表せる。

【0041】

$$\dots\dots (2)$$

40※る。

【0043】図4(b)を用いて光束の進行方向が光の波長によって異なることをより詳しく説明する。先に述べたように、本発明においては複数の波長を含む光を焦線36に集光させ、その後焦線36を軸にして放射状に拡がるように反射面44と45の間に入射させる。ここで、反射面44は反射多層膜31に、反射面45は反射多層膜32に対応する。

【0044】複数の波長を含んだ光を焦線36から一定の角度で放射状に拡がる光として入射させることにより、この光は個々の波長の光がさまざまな進行方向を持

って重ね合わされたものになる。すなわち、多くのフーリエ成分を含むものとなる。

【0045】そこで、一つの波長の光に注目すると、同一波長の光が様々な角度で平行平板30に入射することになる。同図には、この内の3つの異なる進行方向を有する光が図示されている。

【0046】平行平板30内で多重反射した光が外部に放出され干渉を起こし、互いに強め合って光束を形成するためには、前記式(1)を満たす必要があるが、平行平板30の厚さdが固定されていた場合、ある波長の光が光束を形成するようにするためには、入射角度が条件を満たすようにならなければならない。特に、入射光が平行光線であった場合は、光の進行方向は一定に定められるので、入射角と平行平板30の厚さdによって決められる波長の光しか光束を形成することはできない。

【0047】しかしながら、本発明のように、入射光を焦線36を軸として放射状に拡がる光を用いることにより、同一波長の光でも異なる進行方向の光の集まりとすることができる。すなわち、入射角を一々設定しなくても、これら異なる進行方向を有する光の集まりの中には、干渉によって互いに強めあう条件を満たす角度で入射する光が必ず存在する。

【0048】同図に示めされるように、同一波長の光が①、②、③の角度で一度に入射することになる。このうち②の光が互いに強めあう条件を満たす場合、①と③の光は条件を満たさないで外部に放出された後は干渉によって弱め合って光束をつくらない。一方②の光は互いに強め合うために、②の矢印で示される方向に光束を作る。

【0049】また、他の波長の光の場合には、①、②の光が条件を満たさず、③の光が条件を満たすということが起こる。すると、この波長の場合には、③の矢印で示される方向に光束を作ることになる。

【0050】このように、複数の異なる波長の光が重ね合わされて入射された場合は、前述したように、波長毎に異なる方向に光束を作ることになる。以上のような作用により、波長多重信号を異なる波長毎に同時に分波可能である。更に、分散角は平行平板30の厚さdにより調節することができるので、分散角も大きく取ることができる。すなわち、回折格子の場合は分散角を大きくするために、凹凸の間隔を狭くしなければならないが、間隔の狭い凹凸を精度良く製造するのは困難であり、分散角を大きくするには限界が生じる。一方、本発明は、平行平板30の厚さを変えるだけでよいので、製造するのが容易であり、分散角を大きくすることができる。

【0051】また、平行平板30を平行に作るだけで、多重反射された光の位相差を正確に所定の値だけずらすことができるので、耐環境性にも優れている。また、本実施例の構成は、光の偏光状態による特性の変化も少ない。

【0052】図5は、本発明の他の実施例の構成図である。同図においては、反射多層膜31'の反射率がほぼ100%であり、反射多層膜32'の反射率が95%としたものである。この場合、作用は図3、4に関して述べたものと同じであって、異なるのは光の多重反射によって生じる光束37'が入射光38とは反対側に形成されている点である。

【0053】すなわち、コリメートレンズ34で平行光線にされた光はシリンドリカルレンズ35によって焦線36に集光する入射光38となる。平行平板30に入射した入射光38は反射多層膜31'、32'の間で多重反射を起こす。本実施例では、反射多層膜31'は反射率がほぼ100%であるので、反射多層膜31'側からは光は放出されず、反射多層膜32'の側から放出される。放出された光は互いに干渉しあい進行方向がその波長に依存した光束37'を形成する。これをレンズ39で集光し、受光器40で検出する。

【0054】図6は本発明の分波器の製造方法の一例である。まず、図6(a)では、なるべく平行性のよい平行平板30をガラス等で形成し、その両面に真空蒸着やイオンスパッタリング等の方法で反射膜60及び61を形成する。このとき、反射膜60と61のうち、どちらかを反射率がほぼ100%に近い値にするとするとともに、もう一方を反射率が100%より小さく、好ましくは80%以上になるように形成しておく。

【0055】次に図6(b)においては、反射膜60と61のいずれか一方の一部を削り取る。同図においては、反射膜60の側が削り取られているが、削り取る面はいずれでもよく、反射膜60、61の反射率の設定により図3の実施例のような構成になるか、図5の実施例のような構成になるかが変わるだけである。

【0056】また、この削り取る方法としては、エッチング等を用いても良いが機械的に削り取るのが最も安価に行うことができる。但し、機械的に削り取る場合に、平行平板30をあまり傷つけないように注意する必要がある。すなわち、この反射膜が削り取られた部分は、図3あるいは図5の実施例の照射窓33になる部分であるので、あまり傷が大きいと光の入射に際して不要な散乱光を多く生じる可能性があるからである。

【0057】なお、照射窓の部分形成するのに上記方法のように反射膜を最初に形成しておき削り取るという方法を用いなくても良く、予め照射窓に対応する部分にマスクを施しておき、この部分だけ反射膜が形成されないようにすることも可能である。

【0058】図6(c)の工程では、反射膜60とこれが削り取られた部分の上に透明な接着剤62を塗る。この接着剤62は、照射窓の部分にも塗られるためなるべく光の損失を生じないものが好ましい。

【0059】図6(d)では、透明な接着剤62の上から透明な透明保護板63を取り付け、反射膜等が傷つく

のを保護するようにする。この時、透明な接着剤60は反射膜60を削り取ったためにできた段差を埋めるように充填するので、透明保護板63を平行平板30の上面に平行に接着することができる。

【0060】また、同様に、図示されてはいないが、反射膜61を保護するために、こちらの面にも接着剤を塗って、保護板を取り付けることも可能である。なお、同図の場合、反射膜61が反射率約100%ならば、照射窓33が設けられていないので、光がこちらの面を透過することがなく、接着剤や保護板は必ずしも透明なものでもよい。

【0061】更には、光が入射あるいは出射する面の透明保護板には、反射防止膜を設けるのもよい。例えば、図6(d)の透明保護板63には、この面に照射窓33があることから、反射防止膜64が設けられている。

【0062】図7は、本発明の波長分波器73を導波路型分波器に適用した一構成例の図である。基板65上にはニオブ酸リチウム等で形成された導波路等が設けられている。入射導波路70からは光ファイバ等からの光が入射される。この光には波長の異なる複数の搬送波にのせられた光信号が含まれている。一般に光はその幅が広がるように光ファイバ等から出てくるので、光ファイバ等からの入射光はコリメートレンズ71によって平行光線に変換される。

【0063】平行光線に変換された入射光はシリンドリカルレンズ72によって、同図の図面の表面に平行な方向にのみ集光させられる。そして、同図の図面の表面に垂直な焦線上に集光させられた入射光は、照射窓76から波長分波器73に入射させられる。

【0064】本構成例においては、波長分波器73は前述したように平行平板79の一方の面に反射膜74が、他方の面に反射膜75と照射窓76とが設けられている。また、平行平板79で多重反射した光の光束は照射窓76と反対側に出射するように構成されている。すなわち、反射膜75の反射率は約100%であり、反射膜74の反射率は100%よりも小さく、平行平板79内で多重反射する光の一部を外部に出射するように構成されている。

【0065】波長分波器73を通過した光は波長毎に異なる進行方向に向かって光束となって出射し、レンズ77によって集束される。そして、図7に図示されているように、レンズ77によって集光させられることによって、異なる角度で波長分波器73を出てきた光は、異なる点に集光する。すなわち、例えば、波長 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 のそれぞれの光は、図示されているような点に集光されることになる。

【0066】レンズ77によって光が集光される場所には、波長毎に集光された光を受光するための受光導波路78が複数設けられている。各受光導波路78は、それぞれ単一の波長の搬送波にのせられた光信号を導くよう

に設けられており、波長多重方式によって送られてきた、各チャンネルの信号を同時に受光する。

【0067】各受光導波路78によって導かれる光は、その後段に各受光導波路78に1対1に対応して設けられるフォトダイオード等の受光器により検出され、信号として処理される。

【0068】なお、上記実施例においては、焦線は照射窓の表面内に含まれることを仮定して説明したが、必ずしもこれに限られるものではなく、焦線が平行平板の中に入り込んでいても、また照射窓の手前で入射光が焦線に集光される構成であってもよい。

【0069】また、上記実施例においては、2つの反射多層膜の一方の反射率がほぼ100%の構成のみ示したが、必ずしもこの構成に限られない。すなわち、例えば、両方の反射多層膜の反射率を95%としたばあいにも同様の作用が得られる。この場合、両方の反射多層膜から外部に光線が漏れ、干渉の結果、進行方向が波長に依存した光束を平行平板の両側に形成することになる。

【0070】

【発明の効果】本発明によれば、複数の波長の光を一度に分離することができるので、光多重方式の光通信における受信機を小型化することができる。

【0071】回折格子を用いた受信器に比べ、波長変化に対する分散角が大きいので、多重度の大きい光多重通信においても光信号を正確に受光することができる。また、構造が単純で、安価となりうる。更に、多重反射を使うため、各光線の位相差が常に一定しており、特性が安定であり、回折格子を用いた場合には避けることのできない偏光による特性の変化を小さくできる。

【0072】また、アレイ導波路格子と比較しても、構造が単純であると共に、多重反射を利用することによる特性の安定性が良く、耐環境性に優れている。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の原理を説明する図(その1)である。

【図2】本発明の原理を説明する図(その2)である。

【図3】本発明の一実施例を示す斜視図である。

【図4】実施例の構成及び作用を説明する図である。

【図5】本発明の他の実施例を示す斜視図である。

【図6】本発明の波長分波器の製造工程を示す図である。

【図7】本発明の波長分波器を導波路型波長分波器に適用した正面図である。

【図8】従来の波長分波器を説明する図(その1)である。

【図9】従来の波長分波器を説明する図(その2)である。

【符号の説明】

10、38

11、33、76

12、13、44、45

入射光

照射窓

反射面

13
30
31、32、31'、32'
34、71
レンズ
35、72
ルレンズ
36
37、37'
39、77
40
41
60、61、74、75
62
63

平行平板
反射多層膜
コリメートレ
シリンドリカ
焦線
光束
レンズ
受光器
光軸
反射膜
透明な接着剤
透明保護板

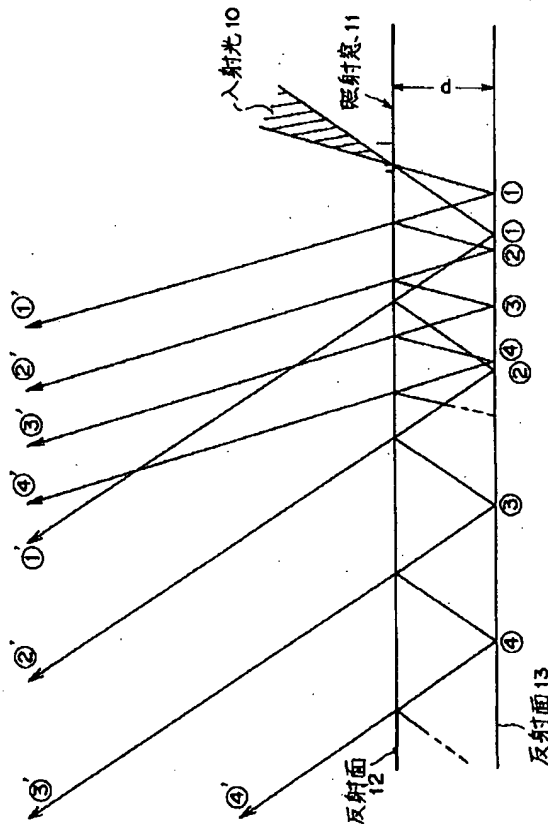
64
65
70
73
78
79
80
81
85、86
87、88
89
91
93
94

14

反射防止膜
基板
入射導波路
波長分波器
受光導波路
平行平板
透明基板
多層干渉膜
反射板
反射ミラー
ハーフミラー
出射口
入射口
導波路

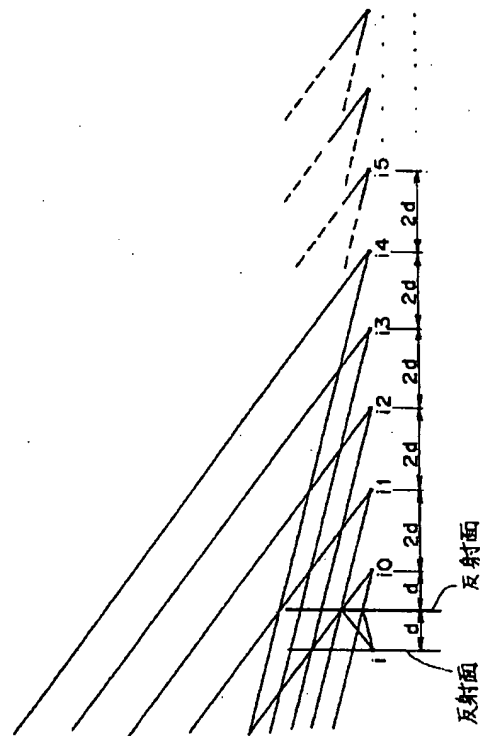
【図1】

本発明の原理を説明する図(その1)



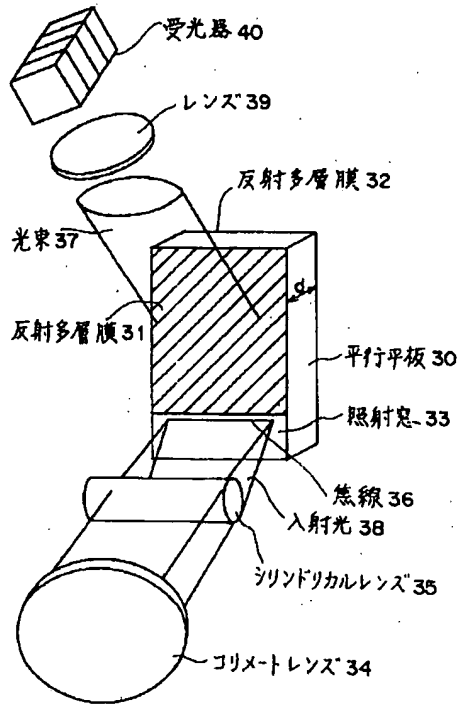
【図2】

本発明の原理を説明する図(その2)



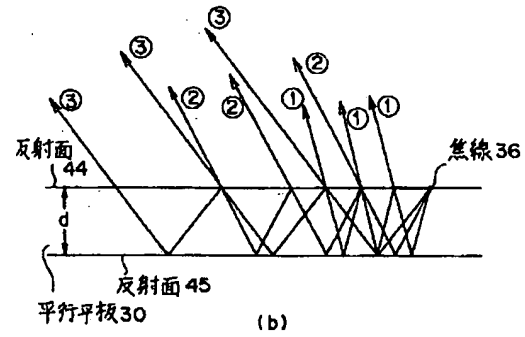
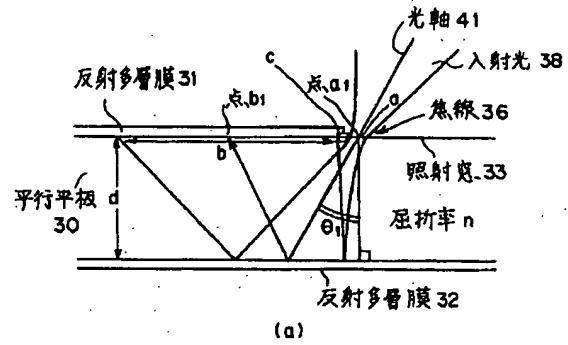
【図3】

本発明の一実施例を示す斜視図



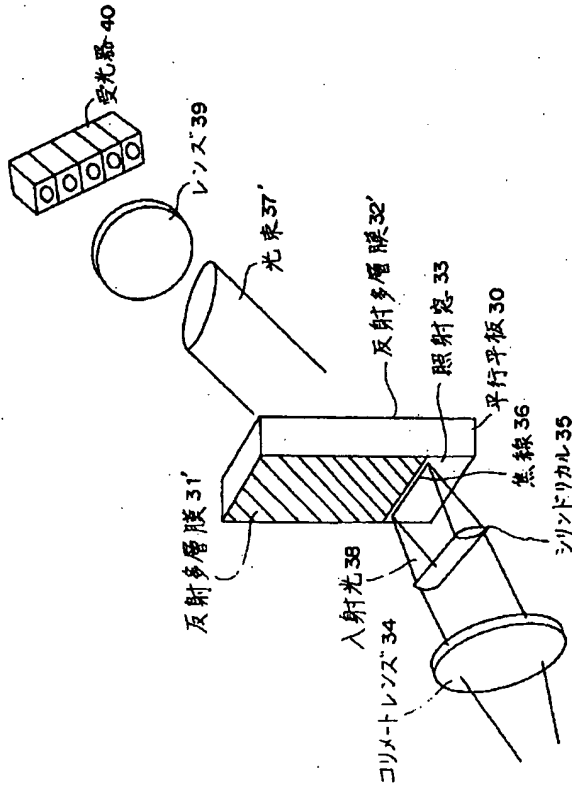
【図4】

実施例の構成及び作用を説明する図



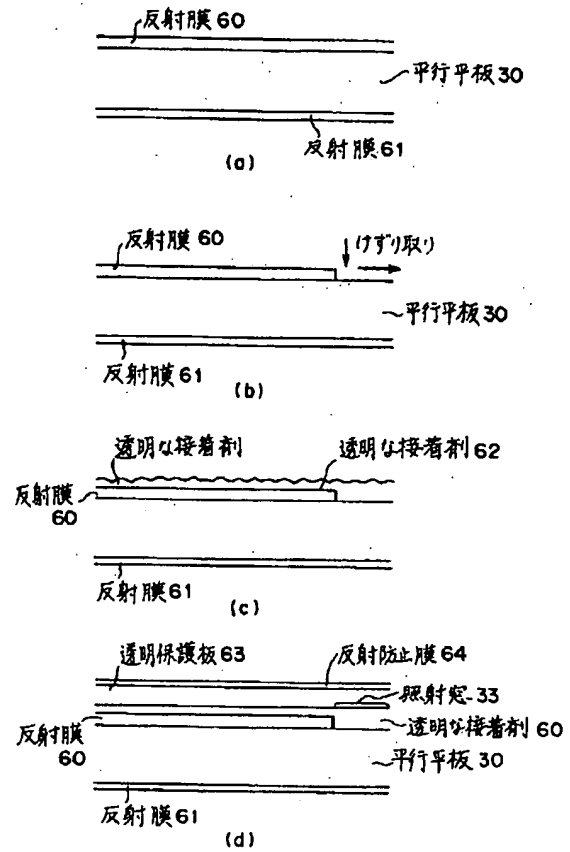
【図5】

本発明の他の実施例を示す斜視図



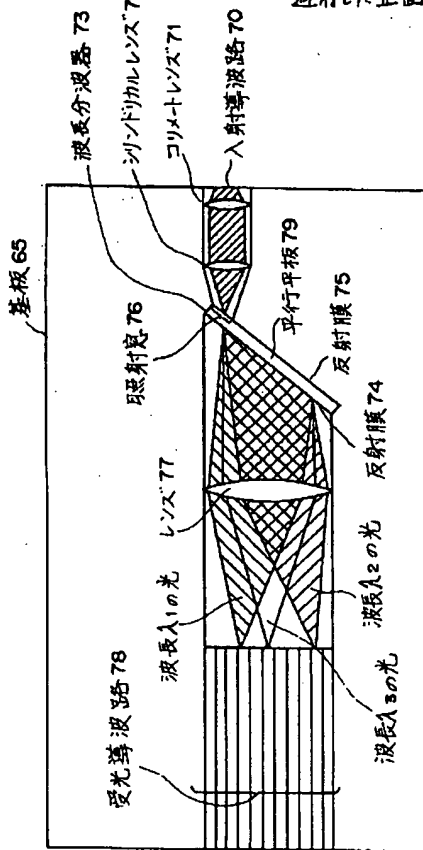
【図6】

本発明の波長分波器の製造工程を示す図



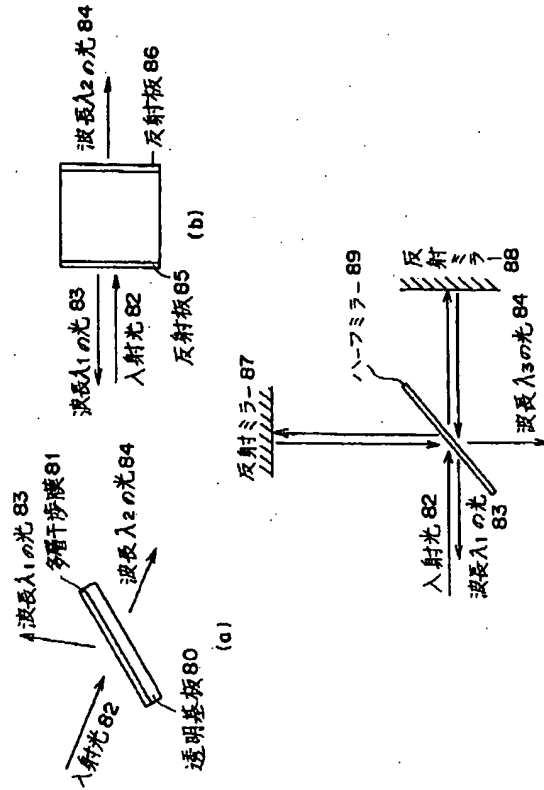
【図7】

本発明の波長分波器も導波路型波長分波器に適用した正面図



【図8】

従来の波長分波器を説明する図(その1)



【図9】

従来の波長分波器を説明する図(その2)

